

# Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global

Orlando Vargas-Gómez<sup>1</sup> (a) & Luis Fernando Molina-Prieto<sup>2</sup> (b)

(a) University of Vermont, United States of America

(b) Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia

Fecha de recepción: 01/07/2013. Fecha de aceptación: 15/12/2013.

## Resumen

El artículo aborda el rol de las arborizaciones urbanas frente a la problemática del calentamiento global. Los árboles capturan y almacenan CO<sub>2</sub>, por lo que contribuyen de manera directa con la mitigación del calentamiento global. Además, atenúan la temperatura de los espacios públicos, minimizan el efecto de Islas de Calor en las ciudades y disminuyen el impacto de la radiación solar sobre las edificaciones, por lo que reducen los consumos de energía eléctrica para aire acondicionado, y así, de manera indirecta, contribuyen con la reducción del calentamiento global, pues merman las emisiones de CO<sub>2</sub> en las plantas generadoras de energía eléctrica. Algunas ciudades están empezando a aprovechar esas potencialidades del arbolado urbano, pero en la mayoría se continúa planificando la arborización bajo el enfoque del paisajismo, de la estética, que muchas veces genera severos daños a la infraestructura urbana. Se concluye que los programas académicos en los campos de la arquitectura, el diseño y la planificación urbana, deben incluir prontamente en sus currículos el estudio de las arborizaciones urbanas (en profundidad), para que los árboles urbanos no sean simples elementos decorativos, ni mucho menos de plástico, sino un recurso estratégico que contribuya activamente con la mitigación del calentamiento global.

## Palabras clave

Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, Islas de Calor, botánica urbana.

.....

<sup>1</sup>Green Building Architect, University of Vermont. M.Sc. (c) in Sustainable Projects Manager, University of Vermont. [orlando\\_486@hotmail.com](mailto:orlando_486@hotmail.com)

## Urban tree planting: a strategy to mitigate global warming

### Abstract

*The article takes a closer look at urban tree planting in relation to current global warming concerns. Trees capture and store CO<sub>2</sub> so they directly help to avoid the earth heating up, directly. Trees also decrease temperature in open space, —minimizing urban heat islands, diminishing solar radiations impact on constructions and, therefore, reducing electricity usage for air conditioning— helping power plants drop their CO<sub>2</sub> emissions for energy generation. Some cities are beginning to take advantage of these and other benefits of urban tree planting, but in most cases its planning follows a landscaping and aesthetic approach that largely has an effect on urban infrastructures. The article concludes that academic programs in architecture and urban planning and design should promptly include in their curriculums the study of urban tree planting from an environmental and ecological perspective so urban trees are no longer simply decorative elements, not to mention artificial decorative elements, but a strategic resource to actively mitigate global warming.*

### Keywords

*CO<sub>2</sub> capture and storage, urban heat islands (UHI), urban botany.*

.....

<sup>2</sup>Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia. [molinapriet@yahoo.com.ar](mailto:molinapriet@yahoo.com.ar)

Para citar este artículo: Vargas, O. & Molina, L.F. (2014) Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global. Revista NODO Vol. 8 Año 8 (No. 16): 99-108



## Introducción

Los árboles plantados en las ciudades —del mundo entero— responden en su gran mayoría a intenciones estéticas, cosméticas, decorativas o “paisajísticas”, descuidando las funciones ambientales y ecológicas que sólo ellos despliegan en las áreas urbanas, en sus territorios y a nivel global. Los árboles urbanos desempeñan al menos tres funciones muy relevantes en relación directa con la mitigación del calentamiento global: i) captura de dióxido de carbono, que colabora con la disminución de los gases de invernadero (Kuhns, 2007; McPherson, 2007; McPherson & Simpson, 1999; Jo & McPherson, 1995); ii) protección de las construcciones arquitectónicas frente a la radiación solar y/o el viento, lo que impide el exceso de ganancias o pérdidas de calor de las edificaciones, y por tanto, merma la demanda de energía de las mismas para equipos de calefacción o aire acondicionado, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> en las plantas de generación eléctrica (Donovan & Butry, 2009; Huang et al, 1987; McPherson & Simpson, 2003); y iii) mitigación del fenómeno de Islas de Calor en las ciudades, que reduce la temperatura del espacio urbano, y por ende, no sólo disminuye la temperatura atmosférica, sino la de las construcciones, minimizando las demandas de energía eléctrica para equipos de aire acondicionado (Akbari, 2005; Rosenfeld et al, 1998).

Por todo lo anterior, la capacidad de los árboles urbanos para mitigar el calentamiento global es considerada por algunos investigadores, *dieciséis veces superior* a la de los árboles no urbanos (Idso & Idso, 2012). Sin embargo, este valioso potencial que ofrece el arbolado urbano —que de ser eficazmente aprovechado en las ciudades contribuiría notablemente con la mitigación del calentamiento global— no es aprovechado en la mayor parte de las ciudades del mundo; y en muchos casos, se generan altas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por causa de arborizaciones urbanas mal planificadas.

Cabe aclarar que, el potencial de los árboles urbanos para mitigar el calentamiento global, no puede considerarse como el único camino para solucionar este complejo problema, sino una estrategia valiosa que debe sumarse a otras para lograrlo, como la reducción de emisiones de gases de invernadero por parte de las industrias o el parque automotor, o el uso de energías renovables en las ciudades (solar, eólica, biogás, geotérmica, mareomotriz, entre otras). No obstante, mientras que las ciudades adoptan este tipo de soluciones, costosas y lentas en su implementación, se puede colaborar de manera muy sencilla y económica con la mitigación del calentamiento global: plantando árboles en las ciudades.

## Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> por arborizaciones urbanas

Durante el proceso de fotosíntesis —gracias a una reacción química catalizada por la luz del sol— el CO<sub>2</sub> que se encuentra en la atmósfera ingresa en las hojas de las plantas a través de sus poros superficiales, se combina con agua y se transforma en celulosa, azúcares y otros elementos. La mayor parte de estos elementos se fijan en las diversas partes de la planta y son la base de su crecimiento y desarrollo (Larcher, 1980). Las plantas no leñosas, sean anuales (como la caléndula o los pensamientos), o perennes (como las astromelias o los agapantos), no son buenos lugares para el almacenamiento del CO<sub>2</sub> a largo plazo, puesto que lo revierten a la atmósfera cuando sus partes vegetativas mueren. Por el contrario, los árboles son excelentes contenedores de CO<sub>2</sub> a largo plazo, pues lo almacenan en sus partes leñosas durante décadas e incluso siglos, lo que depende de la longevidad de cada especie (Kuhns, 2007). El CO<sub>2</sub> capturado por los árboles —durante su etapa de crecimiento— pasa a ser parte de su biomasa en un porcentaje que oscila entre el 48% y el 52%, concentrándose especialmente en las partes leñosas, como el tronco, las ramas y las raíces (Silva, 2005). El CO<sub>2</sub> secuestrado en las partes leñosas de los árboles puede almacenarse por mucho tiempo, incluso cuando el árbol muere,







si su madera es utilizada para la fabricación de productos —como muebles, casas, juguetes, etc.—, lo que impide su descomposición, y por tanto, que el  $\text{CO}_2$  almacenado en la madera sea revertido a la atmósfera (McPerson, 2007).

Los árboles plantados en las ciudades, debido a que se encuentran más distantes entre sí que los que conforman masas forestales en áreas rurales o naturales, crecen más rápido, y en muchos casos, adquieren mayor tamaño, por lo tanto, capturan mayor cantidad de  $\text{CO}_2$  (Jo & McPherson, 1995). De acuerdo con los resultados obtenidos por Nowak & Crane (2002: 385): “*individual urban trees, on average, contain approximately four times more carbon than individual trees in forest stands*”, o sea, que los árboles urbanos debido a sus particulares circunstancias, cuadruplican su capacidad natural de almacenamiento de  $\text{CO}_2$ .

Como ya se mencionó, la captura de  $\text{CO}_2$  por parte de los árboles se lleva a cabo durante su crecimiento y desarrollo, de manera que para lograr soluciones a largo plazo es necesario planificar arborizaciones urbanas que incluyan la renovación de los individuos, combinando especies de longevidad corta, media y larga. De otro lado, se puede pensar que cuando la cobertura arbórea de una ciudad ha llegado a su madurez —por lo que el almacenamiento de  $\text{CO}_2$  se reduce casi a cero, pues los árboles no están creciendo— dicha arborización dejaría de contribuir con la mitigación del calentamiento global, pero no es así, pues lo logran de manera indirecta, como veremos a continuación.

## Reducción de consumos de energía por arborizaciones urbanas

El arbolado urbano, además de capturar y almacenar  $\text{CO}_2$  de manera directa —como ya vimos— tiene la facultad de reducir de manera indirecta la generación de  $\text{CO}_2$ , especialmente por su capacidad para regular la temperatura ambiental en las áreas urbanizadas. El área de sombra generada por el follaje de los árboles junto con la evapotranspiración propia de su metabolismo, reducen notablemente la temperatura del aire. Si los árboles se plantan de manera estratégica, de modo que al área de sombra se proyecte sobre los volúmenes arquitectónicos y el aire que ingrese a ellos esté más fresco, estos se calentarán menos, y en consecuencia, reducirán, no solo las demandas de energía para equipos de aire acondicionado sino las emisiones de  $\text{CO}_2$  producidas en las plantas de generación de energía (McPherson, 2007; Rosenfeld et al, 1998; McPherson & Simpson, 2003). Un estudio realizado en la ciudad de Barranquilla, Colombia, evidenció que el aire bajo la sombra de los árboles —a mediodía en un día soleado— es

hasta 11,90 grados centígrados menor que la temperatura del aire a pleno sol. La reducción de la temperatura depende de características propias de cada especie, como la densidad del follaje, el diámetro de copa o el color de las hojas, entre otras variables (Jiménez, 2005: 62).

El potencial de los árboles para reducir el calentamiento de los edificios ha sido analizado en numerosos estudios. De acuerdo con Kuhns (2007), los árboles plantados de forma correcta, es decir, para que brinden sombra a una edificación, reducen hasta en un 70% el consumo de energía para aire acondicionado. Por su parte, Huang et al (1987), quienes realizaron simulaciones por computador para tres ciudades norteamericanas (Sacramento, Phoenix, y Lake Charles), concluyeron que si los árboles se plantan de manera óptima, para que su sombra sea aprovechada por las edificaciones durante el verano, la reducción del consumo de energía para aire acondicionado puede reducirse hasta en un 50% en Sacramento, y hasta en un 33% en las otras dos ciudades (la diferencia se debe a las condiciones climáticas de cada ciudad, especialmente a la humedad relativa). Otro potencial del arbolado urbano es su capacidad para reducir la velocidad del viento, lo que mitiga las pérdidas de calor de las edificaciones, bien sea en ciudades de clima frío, localizadas en la zona intertropical, o durante el invierno, en ciudades ubicadas en zonas con clima estacional. De acuerdo con Kuhns (2007), los árboles dispuestos de manera estratégica para que reduzcan la velocidad del viento, pueden disminuir el consumo de energía para calefacción hasta en un 30%. Por su parte, Simpson & McPherson (1998), basándose en un estudio que realizaron para la ciudad de Sacramento, concluyen que el ahorro de energía, por efecto de la reducción de consumos para aire acondicionado, es uno de los mayores beneficios tangibles —en términos económicos— de la arborización urbana.

## Mitigación de Islas de Calor

La temperatura del aire en las ciudades tiende a ser mayor que la de su entorno rural o natural, debido al reemplazo paulatino de la cobertura vegetal por construcciones y vías. Las superficies de los edificios y los pavimentos absorben la radiación solar, se calientan, y elevan la temperatura del aire circundante. A este fenómeno se le conoce como Isla de Calor, y se presenta no solo en las ciudades, en relación con su entorno, sino al interior de los centros urbanos, pues las áreas que carecen de árboles se calientan más que las arborizadas (Akbari, 2005; Akbari, Rosenfeld & Taha, 1990). Esta situación se evidencia fácilmente en las amplias zonas de parqueo al aire libre que no están arborizadas, algo muy común en las ciudades actuales.





Las zonas urbanas sin árboles, sean parqueaderos, avenidas o áreas residenciales, conforman Islas de Calor que incrementan la temperatura del aire, y, en ciudades de clima cálido (o en verano, en zonas con estaciones) elevan las demandas de energía eléctrica para los equipos de aire acondicionado. Las Islas de Calor no solo incrementan el calentamiento global de manera directa, por el hecho de que elevan la temperatura atmosférica de amplias áreas del planeta (las ciudades mismas, o grandes zonas de las ciudades), sino que lo hacen porque incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub> en las plantas de producción de electricidad (McPherson & Simpson, 1999). La sombra generada por los árboles urbanos, sumada a la evapotranspiración propia de su metabolismo, enfría notablemente el aire urbano y reduce el efecto de Isla de Calor en las ciudades, haciendo más confortables los espacios públicos y disminuyendo la demanda de energía para aire acondicionado en las edificaciones (Konopacki & Akbari, 2002, 2000; Rosenfeld et al, 1998).

## Un modelo poco imitado

Aunque unas cuantas ciudades norteamericanas, como Austin, Texas, han enfocado los programas de arborización urbana a la captura de CO<sub>2</sub>, a la reducción del fenómeno de Islas de Calor y a la mitigación de la temperatura de las edificaciones durante el verano (City of Austin, 2011: 13), esos criterios no son emulados o replicados por la gran mayoría de las ciudades del planeta. Lo anterior sucede porque los arquitectos, así como los diseñadores y planificadores urbanos —de todos los países—, que son los principales responsables de la plantación de árboles en el espacio público de las ciudades, por su formación académica desconocen la Botánica, así como la *botánica aplicada a la ciudad* (pues estos campos del conocimiento no forman parte de sus currículos o programas académicos). En consecuencia, dichos profesionales desconocen el tema de los árboles urbanos “en profundidad”, aunque ellos —paradójicamente— son los que seleccionan las especies a plantar, y los lugares para hacerlo. En

ocasiones trabajan de manera interdisciplinaria con botánicos, pero los botánicos estudian las especies en su estado natural, donde no causan daños. Por eso no es raro que los botánicos realicen numerosas investigaciones sobre, por ejemplo, las mejores y más económicas alternativas para la reproducción del ficus *Ficus benjamina*, como sucede en Cuba (Domini & Benitez, 2004), en Egipto (Ibrahim, 1992), en México (Soto et al, 2006), en Bolivia (Alvarado, 2004) o en Ghana por el *Department of Horticulture, Kwame Nkrumah University of Science and Technology*, debido al uso indiscriminado del ficus como árbol ornamental en las ciudades, y con miras a comercializarlo en los viveros (donde precisamente los arquitectos adquieren las especies que necesitan para el arbolado urbano); sin tener en cuenta que esa misma especie ha sido reportada reiteradamente por ser causante de severos daños a la infraestructura urbana y de servicios públicos en ciudades de Estados Unidos (Starr et al, 2003), Brasil (Toscan et al, 2010; Da Rocha et al, 2004; Martelli & Barbosa Junior, 2010; Almeida & Rondon Neto, 2010), México (Alanís Flores, 2005), Colombia (Vargas & Molina Prieto, 2010) y en otras regiones del planeta. Lo que indica la incomunicación entre botánicos y arquitectos, cuyo resultado es la deficiente gestión del arbolado urbano.

Los arquitectos, durante sus estudios de pregrado, deberían estudiar “en profundidad” cuáles son las especies de árboles más apropiadas para reducir la temperatura ambiental en una ciudad de clima cálido (o durante el verano en una zona estacional), y cuáles son las mejores para reducir las pérdidas de calor de una edificación ubicada en climas fríos (o durante el invierno). Cuál es el tamaño de las especies en su estado adulto (altura, diámetro de copa), y cuáles son las características de los variados tipos de raíces de las diversas especies. Cuáles especies son las más apropiadas para los espacios urbanos (porque no generan daños con sus raíces, ramas o follaje), y cuáles son realmente inapropiadas (por poseer raíces agresivas o hidrófilas, o porque son especies invasoras). Así obtendrían los elementos de juicio que les permitirían seleccionar acertadamente

las especies de árboles para un proyecto o para una ciudad, de manera que al hacerlo, no se basen en su “gusto estético” o en las especies que les ofrecen en los viveros, sino que en esa importante y trascendental decisión intervengan, tanto el rigor científico como un objetivo que trascienda la simple ornamentación o el embellecimiento de sus proyectos, como la mitigación del calentamiento global, o la regulación de la temperatura de una edificación en una ciudad de clima cálido, etc. Pero como eso no sucede todavía (pues el estudio de la Arquitectura no incluye la Botánica en la actualidad), muchos de los árboles plantados en las ciudades generan daños severos a las infraestructuras urbanas, lo que incrementa de forma directa e indirecta al calentamiento global, mientras que, el gran potencial que tienen los árboles para mitigarlo, se desaprovecha en la mayor parte de las ciudades del mundo.

## **Incremento del calentamiento global por arborizaciones urbanas mal planificadas**

Cuando las arborizaciones urbanas no se realizan con el rigor científico y el análisis requerido, es decir, cuando son mal planificadas, en lugar de reducir el calentamiento global, lo incrementan. Especies de árboles cuyas raíces son agresivas, hidrófilas o invasoras (como el ficus *F. benjamina* entre muchos otros) han sido reportadas en ciudades de incontables países porque generan daños a vías vehiculares y peatonales, a obras civiles como puentes y sistemas de iluminación pública, a cimientos y muros de edificaciones, y a sistemas subterráneos de acueducto y alcantarillado; lo que exige, para la reparación de dichos daños: transporte de herramientas, equipos y cuadrillas de trabajadores —producción de CO<sub>2</sub> por vehículos en rodamiento—; excavaciones en las áreas afectadas por las raíces —producción de CO<sub>2</sub> por funcionamiento de equipos como excavadoras, en el área afectada—; poda continua, y en muchos casos tala, del árbol generador del problema —producción de CO<sub>2</sub> por motosierras, transporte del material vegetal y descomposición del mismo—; extracción de materiales como arena, recebo y otros insumos para la producción de materiales de construcción y transporte de estos insumos a las industrias que los procesan —producción de CO<sub>2</sub> por excavadoras en las canteras y por vehículos de transporte—; producción industrial de materiales de construcción como cemento, tuberías o asfalto, y transporte de los mismos —producción de CO<sub>2</sub> por demanda de energía eléctrica o calórica en las industrias, por residuos contaminantes generados durante la producción y por vehículos de transporte involucrados en el proceso—. Una arborización urbana basada en aspectos estéticos, o en el bajo costo de los arbolitos en el vivero, genera más problemas económicos, ambientales y ecológicos, de los que resuelve.





## Árboles de plástico en las ciudades

El colmo del desconocimiento —de quienes planifican arborizaciones urbanas— con respecto a las múltiples funciones que desempeñan los árboles en las ciudades, se hace patente (y patético) en los árboles de plástico “empotrados” —pues no se puede usar la palabra plantado— en calles y avenidas de Los Ángeles y otras ciudades norteamericanas. Remedos de árboles, parodias inertes que la única función que cumplen es la de acumular polvo, y que, infortunadamente, se vienen “propagando” en otras regiones del mundo, como en Bogotá, donde se han “empotrado” un buen número al interior y en torno a elegantes centros comerciales, en años recientes. Lo peor de esta antiecológica propuesta —pues la fabricación, transporte e instalación de dichos árboles genera altas emisiones de  $\text{CO}_2$  y otros contaminantes— es que existan expertos que los defiendan, y que nada menos que la revista *Science* publique sus argumentaciones. El artículo se titula *What's wrong with plastic trees?*, y dice su autor en el abstract: “*What's wrong with plastic trees? My guess is that there is very little wrong with them. Much more can be done with plastic trees and the like to give most people the feeling that they are experiencing nature*” (Krieger, 1973). De acuerdo con Krieger, lo importante de la naturaleza es que “despierte sensaciones en la gente”, así, retornamos a la visión antropocéntrica del mundo, donde el único ser que tiene valía es el humano, visión estrecha de miras y alcances que, precisamente, es la causante del calentamiento global. Pero Krieger, quien escribió su artículo en 1973, tiene seguidores en la actualidad, pues los arquitectos que empotraron árboles de plástico en los centros comerciales bogotanos, durante la última década, le dan la razón. El árbol es para ellos solamente algo que emula la naturaleza (aunque sea de plástico), un elemento netamente cosmético que únicamente es necesario porque adorna sus diseños.

## Conclusiones

Las arborizaciones urbanas colaboran con la mitigación del calentamiento global de manera directa e indirecta. Al capturar el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera durante su crecimiento y desarrollo, almacenándolo por décadas e incluso siglos, lo hacen de manera directa. Y colaboran de manera indirecta al reducir la temperatura de las edificaciones y mitigar el fenómeno de las Islas de Calor en las ciudades, gracias a la sombra que generan y a la evapotranspiración propia de su metabolismo, pues reducen los consumos de energía para equipos de aire acondicionado, y por tanto, reducen las emisiones de  $\text{CO}_2$  en las plantas generadoras de energía eléctrica. “Aunque la tasa de secuestro [de  $\text{CO}_2$ ] se estabilizará cuando el proyecto de plantación de árboles urbanos alcance



la madurez, la reducción de emisiones debido al ahorro de energía se seguirá acumulando cada año” (McPherson, 2007: 32). “El árbol urbano, resulta dieciséis veces más eficaz que el no urbano en mitigar el calentamiento global, cuando se planta en lugares diseñados para reducir los consumos de refrigeración y calefacción de los edificios” (Idso & Idso, 2012).

En algunas ciudades de los Estados Unidos se están aprovechando las potencialidades de la arborización urbana para mitigar el calentamiento global, pero se trata de casos aislados, que aún no son reconocidos como el modelo a seguir, por lo que se continúa usando la arborización, en la gran mayoría de las ciudades del mundo, como elemento paisajístico, decorativo y cosmético. La falta de conocimiento por parte de arquitectos, diseñadores y planificadores urbanos, con respecto a de estas potencialidades de la arborización —y de otras muchas, como la alimentación y el hospedaje de centenares de especies de aves, la captura de partículas en suspensión, o la regulación del caudal de los cuerpos de agua, por solo mencionar unas cuantas—, así como su falta de capacitación académica frente al tema de la Botánica, desembocan en la planificación de arborizaciones urbanas que generan daños severos a la infraestructura de las ciudades, incrementando el calentamiento global y generando elevadas inversiones, por parte de los contribuyentes, para su reparación. Por tanto, urge que los programas académicos en los campos de la arquitectura, el diseño y la planificación urbana, incorporen en sus currículos el estudio de las arborizaciones urbanas (en profundidad), para que los árboles urbanos no sean simples elementos decorativos, ni de plástico, sino un recurso estratégico que contribuya activamente con la mitigación del calentamiento global.



## Referencias

- ◆ Akbari, H. (2005). *Energy saving potentials and air quality benefits of urban heat island mitigation*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ◆ Akbari, H.; Rosenfeld, A. H. & Taha, H. (1990). *Summer Heat Islands, urban trees, and white surfaces*. 1990 ASHRAE Winter Conference.
- ◆ Alanís Flores, G. J. (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, vol. 8, N° 1: 20-32.
- ◆ Almeida, D. N. & Rondon Neto, R. M. (2010). Análise da arborização urbana de duas cidades da região norte do estado de mato grosso. *Revista Árvore*, vol. 34, N° 5: 899-906.
- ◆ Alvarado-Callisaya, M. A. (2004). Reproducción asexual de tres especies exóticas ornamentales, *Ficus elástica* Roxb, *Ficus benjamina* L. y *Schefflera gleasonii* Alain, mediante técnicas de acodo atreo y aplicación de fitorregulador y fertilizante foliar en Santa Cruz. Tesis de grado. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- ◆ City of Austin (2011). *Climate Action Report*. Austin: Office of Sustainability.
- ◆ Da Rocha, R. T.; Leles, P. S. S. & Neto, S. N. O. (2004). Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. *Revista Árvore*, vol. 28, N° 4: 599-607.
- ◆ Domini, M. E. & Benítez, B. (2004). Uso de biopreparados como promotores de enraizamientos en margullos de ficus (*Ficus benjamina*). *Cultivos Tropicales*, vol. 25, N° 3: 45-48.
- ◆ Donovan, G. H. & Butry, D. T. (2009). The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. *Energy and Buildings*, N° 41: 662-668.
- ◆ Huang, Y. J.; Akbari, H.; Taha, H. & Rosenfeld, A. H. (1987). The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 26: 1103-1116.
- ◆ Ibrahim, I. A. (1992). Rapid multiplication of *Ficus benjamina* using tissue culture technique. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, vol. 70, N° 4: 1301-1308.
- ◆ Idso, S. B. & Idso, C. D. (2012). *Trees in the city: A new role for the "ultimate urban multitaskers"*. Arizona: Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change. En <http://www.co2science.org/articlesV6/N1/COM.php>
- ◆ Jiménez, O. (2008). Índice de confort de la vegetación. *Revista NODO*, vol. 3, N° 5: 49-70.
- ◆ Jo, H-K. & McPherson, E. G. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management*, vol. 45: 109-133.
- ◆ Konopacki, S. & Akbari, H. (2002). *Energy savings of heat island reduction strategies in Chicago and Houston (including updates for Baton Rouge, Sacramento, and Salt Lake City)*. Berkeley, California: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ◆ Konopacki, S. & Akbari, H. (2000). *Energy savings calculations for Heat Island reduction strategies in Baton Rouge, Sacramento and Salt Lake City*. Berkeley, California: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ◆ Krieger, M. H. (1973). What's Wrong with Plastic Trees? *Science*, vol. 179, N° 4072: 446-455.
- ◆ Kuhns, M. (2007). *Landscape trees and global warming*. Utah State University. En: <http://www.landmarkwest.org/green/LandscapeTrees.pdf>
- ◆ Larcher, W. (1980). *Physiological plant ecology*. New York: Springer-Verlag.
- ◆ Martelli, A. & Barbosa Junior, J. (2010). Analysis of the incidence of tree suppression and its main causes in the urban perimeter of the town of Itapira-SP. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, vol. 5, N° 4: 96-109.
- ◆ McPherson, E. G. & Simpson, J. R. (1999). *Carbon dioxide reduction through urban forestry: Guidelines for professional and volunteer tree planters*. Albany, California: United States Department of Agriculture-USDA.
- ◆ McPherson, E. G. & Simpson, J. R. (2003). Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 2, N° 2: 73-86.
- ◆ McPherson, G. (2007). Urban tree planting and greenhouse gas reductions. *Arborist News*: [www.isa-arbor.com](http://www.isa-arbor.com)
- ◆ Nowak, D. J. & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, N° 116: 381-389.
- ◆ Rosenfeld, A. H.; Akbari, H.; Romm, J. J. & Pomerantz, M. (1998). Cool communities: Strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*, vol. 28, N° 1: 51-62.
- ◆ Silva Herrera, L. J. (2005). *Fijación de CO<sub>2</sub> por parte de los árboles urbanos. Propuesta para un programa de captura para Bogotá D. C.* Ponencia en Encuentro Internacional de Arborización. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- ◆ Simpson, J. R. & McPherson, E. G. (1998). Simulation of tree shade impacts on residential energy use for space conditioning in Sacramento. *Atmospheric Environment*, vol. 32, N° 1: 69-74.
- ◆ Soto, L. E.; Jasso-Mata, J.; Vargas-Hernández, J. J.; González-Rosas, H. & Cetina-Alcalá, V. M. (2006). Effect of different doses from AIB on the rooting of *Ficus benjamina* L. at different times of the year. *Revista Ra Ximhai*, vol. 2, N° 3: 795-814.
- ◆ Starr, F.; Starr, K. & Loope, L. (2003). *Ficus benjamina*. United States Geological Survey-Biological Resources Division. Haleakala Field Station, Maui, Hawai'i.
- ◆ Toscan, M.A.G.; Rickli, H.C.; Bartinick, D.; Dos Santos D. & Rossa, D. (2010). Inventory and analysis of the urban street trees of Vila Yolanda, Foz do Iguaçu – State of Parana (Brazil). *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, vol. 5, N° 3: 165-184.
- ◆ Vargas, B. P. & Molina-Prieto, L. F. (2010). Cinco árboles urbanos que causan daños severos en las ciudades. *Revista NODO*, vol. 5, N° 9: 115-126.